

## ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ МЕДИ, СЕРЕБРА, КОБАЛЬТА, МОЛИБДЕНА

---

**Штефан В.В.,**

доц., К.Т.Н. <sup>а</sup>,

**Мануйлов А.М.,**

аспирант <sup>а</sup>,

**Епифанова А.С.,**

аспирант <sup>а</sup>,

**Каннуникова Н.С.,**

аспирант <sup>а</sup>

**Мироненко В.Д.,**

студент <sup>а</sup>

<sup>а</sup> Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Технической электрохимии

---

### **Аннотация**

*Среди наиболее востребованных материалов в настоящее время занимают гальванические кобальт-молибденовые покрытия, которые нашли применения в микроэлектронике, химической промышленности, машиностроении и аэрокосмической отрасли. Введение в состав покрытия тугоплавких компонентов позволяет получить каталитические, коррозионностойкие, магнитные и высокопрочные материалы*

*Обеззараживание воды ионами серебра и меди, получаемых электрохимическим растворением этих металлов, один из самых эффективных и безопасных методов улучшения микробиологического качества воды. Исследование электродного поведения серебра и меди в пассивирующих водных растворах сульфата натрия позволяет определить оптимальные параметры электролиза и динамику растворения металлов.*

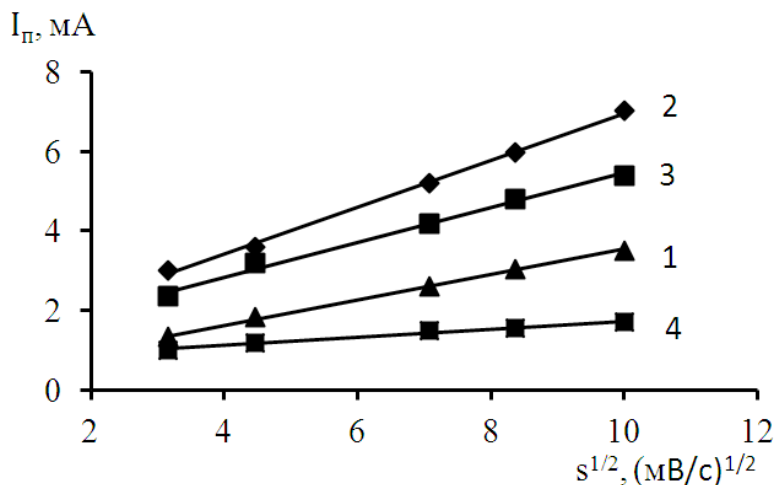
**Ключевые слова:** вольтамперометрия, медь, серебро, кобальт, молибден

**Keywords:** voltammetry, copper, silver, cobalt, molybdenum

Электродные процессы с участием кобальта и молибдена

Кинетические параметры восстановления ионов кобальта из простых и комплексных электролитов определяли методом линейной вольтамперометрии (ЛВА) с помощью потенциостата-гальваностата IPC-Pro. По-

ляризационные измерения для изучения механизма и кинетики осаждения сплава Со-Мо проводили с использованием рабочего электрода сплава меди М0, вспомогательного электрода – платины, электродом сравнения служил хлорид-серебряный электрод.



**Рис. 1** Зависимость тока пика от скорости развертки потенциала при  $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{CoSO}_4) = 1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{трилон Б}) = 2 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>,  $c(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , моль/дм<sup>3</sup>: 1 -  $1 \cdot 10^{-3}$ ; 2 -  $2 \cdot 10^{-3}$ ; 3 -  $3 \cdot 10^{-3}$ ; 4 -  $5 \cdot 10^{-3}$

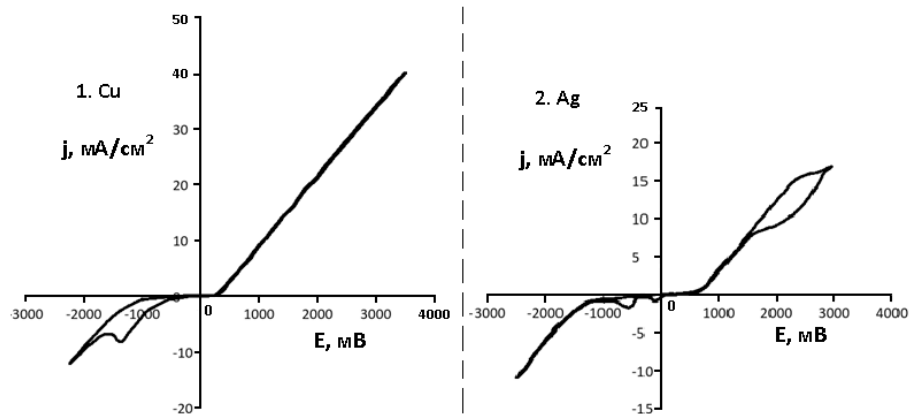
На основании анализа совокупности полученных параметров ЛВА (потенциал пика, ток пика, критерий Семерано  $X_s \sim 0,5$ ) и характера кинетических зависимостей тока пика от скорости развертки потенциала (линейный характер, не сначала координат), свидетельствует о том, что катодный процесс лимитируется предшествующей химической стадией. Таким образом, с помощью метода ЛВА можно оценить влияние природы лиганда на механизм процесса восстановления ионов кобальта из комплексных электролитов.

Электродные процессы с участием серебра и меди

Электродные процессы на серебре и меди в 0.05 М водном растворе сульфата натрия изучались методом циклической вольтамперометрии. Данные фиксировались потенциостатом-гальваностатом IPC-Pro. Исследования проводили в трехэлектродной

ячейке. Рабочим электродом служила пластина из серебра чистотой 999,9 с рабочей поверхностью 2.25 см<sup>2</sup> и меди марки М0 с рабочей поверхностью 2.35 см<sup>2</sup>, противоэлектродом служила платиновая проволока, электродом сравнения – хлоридсеребряный электрод. Значения потенциалов, использованные для построения графиков, представленных на Рисунке 2, приведены к нормальному водородному электроду.

На основании полученных данных определены: области активного растворения меди (150...1800 мВ) и серебра (480...1950 мВ); потенциал начала выделения кислорода на меди (1800 мВ), на серебре (2400 мВ); области обратного (катодного) пика – (- 700...- 1300 мВ) для меди, (- 500...- 850 мВ) для серебра; потенциал начала выделения водорода (-1750 мВ) на меди, (-1350 мВ) на серебре.



**Рисунок 2.** Циклические вольтамперные зависимости меди (1) и серебра (2) в 0.05 M водном растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при скорости развертки потенциала 10 мВ/с.

### Список литературы

1. Теоретичні основи хімії рідкісних і розсіяних елементів : підручник / М.Д. Сахненко [та ін.]. - Харків : НТУ «ХПІ», 2010. - 432 с.
2. Electrolytic Deposition of Highly Hard Coatings of a Cobalt-Molybdenum Alloy / V.V. Shtefan, A. S. Epifanova, A. A. Kovalova, B. I. Bairachnyi // Materials Science, 2017. - Vol.53. - No.1. - P. 1-8.
3. Oxidation of Titanium in Zr- and Mo-Containing Solutions / V. V. Shtefan, A. Yu. Smirnova // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2017. - Vol. 53. - No. 2. - P. 322-328.
4. Study of Morphology and Microhardness of Co-Mo Alloys Films / V.V. Shtefan, A.S. Yepifanova, I.S. Berezovskyi, T.V. Shkolnikova // ICPTTFN XVI. 2017. P. 204
5. Патент України на винахід UA112925. Електроліт для нанесення покриття кобальт-молібден / В.В. Штефан, А.С. Єпіфанова, А.В. Креч.
6. Вольтамперометрия  $d^4-d^{10}$  металлов / В.В. Штефан, А.С. Епифанова, А.М. Мануйлов, Ю.Ю. Кучма // Современные электрохимические технологии и оборудование: мат. док. Международной научно-технической конференции, 24-25 ноября 2016: - Минск. БГТУ, 2016. С. 275 – 278.
7. New approach to catalytic Co-W alloy electrodeposition / M. Ved, V. Shtefan, T. Bairachnaya, N. Sakhnenko // Functional Materials. - Kharkov: Institute of Single Crystals, 2007. - V. 14. - P. 580 – 584.
8. Corrosion and electrochemical properties of binary cobalt and nickel alloys / M. V. Ved, T. O. Nenastina, V. V. Shtefan, T. M. Bairachna, M. D. Sakhnenko // Materials Science, 2008. - Volume 44, Issue 6. - P. 840-843.
9. Анодна поведінка матеріалів на основі рідкісних і розсіяних елементів : навч.-метод. посіб. / Штефан В. В., Артеменко В. М., Смирнова О. Ю., Богоявленська О. В. - Х. : НТУ «ХПІ», 2015. - 120 с.
10. Regularities of the deposition of cobalt-tungsten alloys by pulsed currents V.V. Shtefan, M.V. Ved, M. D. Sakhnenko, L. V. Pomoshnyk, L. P. Fomina // Materials Science, 2007. - Volume 43. - Issue 3. - P. 429-433.
11. Electrochemical synthesis of catalytic active alloys / T. Nenastina, T. Bairachnaya, M. Ved, V. Shtefan, N. Sakhnenko // Functional materials. - Kharkov: Institute of Single Crystals, 2007. - V. 14, № 3. - С. 395 – 400.
12. Electrochemical formation of cerium-containing oxide coatings on titanium / V. V. Shtefan, A. Yu. Smirnova // Russian Journal of Applied Chemistry, 2013. - Vol.86. - Issue 12. - P.1842 – 1846.